Journal of Agroecology
Homepage https://agry.um.ac.ir/

Research Article
Vol. 15, No. 4, 2024, p. 809-823

Environmental Impact Quotient (EIQ) Evaluation of Used Pesticides in Wheat (*Triticum aestivum* L.) Fields of Bandar-e-Turkeman County, Golestan Province

Maral Niazmoradi[1], Hossein Kazemi[2*], Javid Gherekhloo[3], Afshin Soltani[4] and Behnam Kamkar[5]

1- Ph.D. Student of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.
2-Associate Professor 3 and 4- Professor, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.
5- Professor, Department of Agrotechnology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
(*- Corresponding author's Email: hkazemi@gau.ac.ir)

Received: 11-04-2022 Revised: 16-06-2022 Accepted: 25-12-2022 Available Online: 25-01-2021	**How to cite this article:** Niazmoradi, M., Kazemi, H., Gherekhloo, J., Soltani, A., & Kamkar, B. (2024). Environmental Impact Quotient (EIQ) evaluation of used pesticides in wheat (*Triticum aestivum* L.) fields of Bandar-e-Turkeman county, Golestan province. *Journal of Agroecology, 15*(4), 809-823. DOI: 10.22067/agry.2022.76161.1106

Introduction

Intensification of agriculture and increasing use of chemical pesticides can have significant environmental effects on other non-target organisms and various environments such as air, soil and water. Growing concerns about the negative effects of pesticides have resulted in some indicators that measure the environmental risk of each pesticide. One of these indicators is the Environmental Impact Quotient (EIQ), which has been used repeatedly to monitor environmental pesticides in a wide range of agricultural and horticultural fields. This study aims to investigate the environmental effects of pesticides used in wheat fields in Bandar-e-Turkeman County in the 2019-2020 year.

Materials and Methods

To implement the model, information about the name, amount of consumption, and times of application of pesticides used by farmers were collected in the form of questionnaires and face-to-face interviews with 59 farmers. The Environmental Impact Quotient (EIQ) of these pesticides was extracted from version 2021 of the Integrated Pest Management (IPM) site. The environmental effect of used pesticides in each wheat field was obtained from the sum of EIQ of pesticides in the consumption and dose of pesticides per hectare. The calculations of this model were done in Excel version 2013.

Results and Discussion

The result showed that the final EIQ score for all toxins had the highest impact on the ecological section. Imidacloprid (92.88), Carbendazim (86.00), Acetamiprid (71.95), Cyproconazole (67.00), and Deltamethrin (65.15) had the highest toxicity for the ecological section, respectively. Based on the results, carbendazim was introduced as the most dangerous and the insecticides Acetamiprid and Imidacloprid were the least dangerous toxins for the farm workers. Calculation of the environmental impact of pesticides per hectare showed a high numerical variation among surveyed fields. So ,the lowest index related to fields No. 25, 55, and 42 had about 6.31, 7.01, and 7.02 environmental impact, respectively. In these fields, no pesticides were used during the wheat growing period and only at the time of planting carboxin fungicide was used for seeds at the rate of 0.45 and 0.50 kg/ha. Fields No. 40, 10, 30, and 35 recorded with EIQ-FUR equal to 41.49, 33.20, 31.20, 30.85, and 30.67, respectively. In these fields, we have observed the highest environmental impact per hectare. In continuing, the

https:// DOI: 10.22067/agry.2022.76161.1106

distribution map of this index in studied fields was produced. The results showed that there is a different variety in terms of pesticide application in fields, therefore, target points can be determined to farmers for reducing pesticide application and fields with high environmental impact.

Conclusion

The numerical values of the three components of the EIQ index, including risk to farm workers, consumers, and ecology, can vary depending on location. The current values of this index do not consider differences in the technology of application or use of personal protective equipment. It can be concluded that the EIQ model requires changes in the direction of localization within the study areas, including the number of farm workers, specifying the type of tools and equipment used, and separating the type of developed or developing countries. In general, in these fields, the management of pests, and the identification and management of weed diversity can effectively control the amount of pesticide consumption and reducing environmental risks.

Acknowledgments

We would like to thank Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, wheat farmers, and agricultural Jihad management of Bandar-e-Turkeman county for their cooperation in conducting this research.

Keywords: Consumer component, Ecological component, Farmworker component, Herbicide, Insecticide.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
Homepage: https://agry.um.ac.ir/

مقاله پژوهشی

جلد ۱۵، شماره ٤، زمستان ۱٤۰۲، ص ۸۲۳-۸۰۹

اثرات زیست‌محیطی آفت‌کش‌های مصرفی مزارع گندم (*Triticum aestivum* L.) شهرستان بندر ترکمن، استان گلستان

مارال نیازمرادی[۱]، حسین کاظمی[۲]*، جاوید قرخلو[۳]، افشین سلطانی[٤] و بهنام کامکار[٥]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۰۴

چکیده

این مطالعه جهت بررسی اثرات زیست‌محیطی آفت‌کش‌های مصرفی در مزارع گندم (*Triticum aestivum* L.) شهرستان بندرترکمن در سال زراعی ۱۳۹۹- ۱۳۹۸ انجام شد. اطلاعات مربوط به نام، میزان مصرف و دفعات کاربرد آفت‌کش‌های مصرفی از مزارع به‌صورت پرسشنامه و مصاحبه حضوری با کشاورزان از ۵۹ مزرعه گندم جمع‌آوری گردید. شاخص اثر زیست‌محیطی (EIQ) این آفت‌کش‌ها از نسخه ۲۰۲۱ سایت مدیریت تلفیقی آفات (IPM) استخراج شد. اثر زیست‌محیطی آفت‌کش‌های مصرفی در هر مزرعه گندم از مجموع حاصلضرب EIQ آفت‌کش‌ها در میزان مصرف و دوز مصرفی سموم در واحد هکتار به‌دست آمد. نتایج نشان داد که نمره نهایی EIQ برای تمامی سموم، بیش‌ترین تأثیر را از بخش بوم‌شناختی می‌پذیرد. به طوری‌که به‌ترتیب حشره‌کش ایمیداکلوپراید (۹۲/۸۸)، قارچ‌کش کاربندازیم (۸۶/۰۰)، حشره‌کش استامی پراید (۷۱/۹۵)، قارچ‌کش سیپروکونازول (۶۷/۰۰) و حشره‌کش دلتامترین (۶۵/۱۵) بیشترین مقدار سمیت برای بخش بوم‌شناختی داشتند. براساس نتایج، قارچ‌کش کاربندازیم به‌عنوان خطرناک‌ترین و حشره‌کش‌های استامی‌پراید و ایمیداکلوپراید کم‌خطرترین سموم برای بخش کارگر مزرعه معرفی شد. محاسبه اثر زیست‌محیطی آفت‌کش‌ها در واحد هکتار، تنوع عددی بالایی در بین مزارع نشان داد، به‌طوری‌که مزارعی با کم‌ترین میزان این شاخص (شماره‌های ۲۵، ۵۵ و ۴۲) اثر زیست‌محیطی به ترتیب ۶/۳۱، ۷/۰۱ و ۷/۰۲ را نشان دادند. در این مزارع، تنها قارچ‌کش بذرمال کاربوکسین به‌مقدار ۰/۴۵ و ۰/۵۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شده و هیچ آفت‌کش دیگری در مزرعه استفاده نشده است. در مزارع پرخطر (شماره‌های ۴۰، ۱۰، ۳۰، ۹ و ۳۵) با EIQ-FUR برابر با ۴۱/۴۹، ۳۳/۲۰، ۳۱/۲۰، ۳۰/۸۵ و ۳۰/۶۷ به‌ترتیب بیش‌ترین تأثیر زیست‌محیطی در واحد هکتار مشاهده شد. در ادامه، نقشه پراکنش این شاخص در مزارع مورد مطالعه ترسیم شد. نتایج نشان داد که از لحاظ کاربرد آفت‌کش‌ها در مزارع تنوع زیادی وجود دارد. بنابراین، براساس آن می‌توان نقاط هدف برای کاهش مصرف سموم و مناطق با اثرات زیست‌محیطی بالا را برای کشاورزان مشخص نمود.

واژه‌های کلیدی: حشره‌کش، جزء بوم‌شناختی، جزء کارگر مزرعه، جزء مصرف‌کننده، علف‌کش، حشره‌کش

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.
۲- دانشیار، ۳- و ۴- استاد، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.
۵- استاد، گروه اگروتکنولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: hkazemi@gau.ac.ir)

DOI: 10.22067/agry.2022.76161.1106

مقدمه

در عصر حاضر، محیط زیست یکی از مؤلفه‌های اصلی در سیاست‌های کلان جهانی بوده و بسیاری از مؤلفه‌های دیگر را تحت الشعاع قرار داده است. به همین دلیل، عامل و پیش‌نیاز بسیاری از فعالیت‌ها در سطح کلان، سازگاری با محیط زیست است و آلودگی‌های زیست‌محیطی یکی از مهم‌ترین چالش‌های جامعه انسانی در قرن بیست و یکم می‌باشد (Masoumkhani et al., 2019). بنابراین، تصمیم اینکه چگونه و به چه میزان انسان باید از منابع مصرف کند، امری بسیار دشوار و نیازمند پژوهش‌ها و آنالیزهای علمی پیچیده است (Hassani et al., 2020). افزایش عرضه جهانی غذا، مستلزم تشدید تولیدات کشاورزی است، زیرا زمینه کمی برای گسترش سطح زیرکشت اراضی کشاورزی کنونی در سطح جهان وجود دارد. تشدید کشاورزی شامل استفاده از ارقام بهبود یافته محصولات زراعی و کاربرد شدیدتر و کارآمدتر آب و مواد غذایی گیاهان است. با اینکه افزایش کاربرد آفت‌کش‌ها خود به‌طور مستقیم به عملکرد بهتر محصولات کمک نمی‌نماید، امّا به‌سادگی می‌تواند به کنترل تلفات احتمالی ناشی از موجودات آفت (مانند حشرات، کنه‌ها، نماتدها و جوندگان)، بیماری‌های گیاهی (مانند قارچ، ویروس‌ها و باکتری‌ها) و علف‌های هرز کمک کند (Schreinemachers & Tipraqsa, 2012).

از آنجا که آفت‌کش‌ها برای گروه‌های خاصی از موجودات مضر طراحی شده‌اند، می‌توانند تأثیرات زیست‌محیطی قابل ملاحظه‌ای بر سایر موجودات زنده غیر هدف و همچنین محیط‌های مختلف از جمله هوا، خاک یا آب داشته باشند (Wan, 2015). برخی از سموم دفع آفات حاوی آلاینده‌های آلی پایدار هستند که در برابر تجزیه شدن مقاومت می‌کنند و بنابراین، سال‌ها در محیط باقی می‌مانند (Yadav et al., 2015) و می‌توانند منجر به تجمع و بزرگنمایی زیستی شوند. استفاده مکرر از سموم دفع آفات منجر به از بین رفتن تنوع زیستی و افزایش مقاومت آفات در برابر آن‌ها می‌گردد (Kim et al., 2017). همچنین آلودگی هوا از طریق سموم دفع آفات ممکن است به‌وسیله بادبردگی آفت‌کش‌ها و تبخیر آن‌ها پس از کاربرد ایجاد شود. در یک مطالعه، غلظت آفت‌کش‌ها در هوای سه مکان کشت سیب‌زمینی در جزیره پرنس ادوارد (کانادا) اندازه‌گیری شد. حضور قارچ‌کش کلروتالونیل در همه جا و به‌طور همه‌گیر با غلظت بسیار زیاد، نشان‌دهنده استفاده مکرر آن در مزارع سیب‌زمینی بود (White et al., 2006). بقایای آفت‌کش‌ها در باران و آب‌های زیر زمینی نیز یافت شده است. در تحقیقی که در مجارستان انجام شد، رایج‌ترین آلاینده‌های موجود در آب عبارت بودند از: آترازین (شش درصد)، استوکلر (چهار درصد)، پروپیسوکلر (۱/۵ درصد)، متوکلر (۱/۵ درصد)، دیازینون (یک درصد) و توفوردی (یک درصد) (Székács et al., 2015). در پژوهشی در ترکیه، غلظت‌های بتاهگزاسیکلوهگزان (β-HCL)، 4,4-DDT، اندرین‌کتون و متوکسی‌کلر در نمونه‌های آب آشامیدنی، به‌ترتیب ۰/۲۸۱، ۰/۱۳۸، ۰/۱۲۰ و ۰/۱۲۰ میکروگرم بر لیتر گزارش شد (Bulut et al., 2010).

کاربرد گسترده آفت‌کش‌ها در کشاورزی مدرن و افزایش نگرانی در طول ۳۰ سال گذشته در مورد تأثیر غیر هدف آفت‌کش‌ها، سیاست‌گذاران و مجامع علمی را وادار به توسعه مجموعه‌ای از ابزارها برای بهبود نظارت بر آفت‌کش‌ها کرده است. درحالی‌که نگرانی‌های زیست‌محیطی عمدتاً مربوط به آلودگی‌های آب و خاک و همچنین پیامدهای بوم‌شناختی آن‌ها بود، محققان بهداشت عمومی عمدتاً بر مشکلات بهداشتی نظیر بیماری سرطان، اختلال هورمونی، آسم، حساسیت، بیماری‌های ناباروری و مسائل مربوط به تولید مثل در انسان مانند نقایص مادرزادی، کاهش وزن هنگام تولد، مرگ جنین و غیره متمرکز شدند که بیش‌تر آن‌ها در میان کشاورزان و افراد روستایی ساکن در نزدیک مکان‌های کاربرد آفت‌کش‌ها یافت شدند (Kim et al., 2017Wan, 2015 ;). نظارت بر کمینه‌سازی خطرات ناشی از استفاده از آفت‌کش‌ها حتی برای کشورهای توسعه یافته نیز دشوار است، زیرا آفت‌کش‌ها از نظر سمیت متنوع هستند، برای مثال در جمع‌بندی آفت‌کش‌ها توسط تاملین (Tomlin, 2009) تعداد ۹۰۸ ماده مؤثره ذکر شده است. به‌علاوه میزان خطر نیز بستگی به شرایطی دارد که در آن موجودات غیر هدف در معرض آفت‌کش‌ها قرار می‌گیرند (Schreinemachers et al., 2011). در این میان، شاخص‌هایی وجود دارند که می‌توانند جنبه‌های سمیت یک آفت‌کش را اندازه‌گیری نموده و میزان خطر ذاتی برای یک ماده را ارائه دهند. هر شاخص دارای مزایای خاصی است، زیرا جنبه‌های متعدد خطر مرتبط با آفت‌کش‌ها را پوشش می‌دهد و روش‌های مختلفی را برای ارزیابی خطر به‌کار می‌گیرد. آن‌ها می‌توانند توسط انواع کاربران مانند کشاورزان، عوامل توسعه، سازمان‌های نظارتی و دانشگاه‌ها مورد

استفاده قرار گیرند و به‌عنوان پایه‌ای برای ارزیابی راهبردهای مختلف مدیریت آفات و برای توسعه، پایش و ارزیابی سیاست‌های زیست‌محیطی و سلامت عمل کنند (Feola et al., 2011). یکی از این شاخص‌ها، تأثیر زیست‌محیطی (EIQ)[1] است که بارها برای نظارت بر آفت‌کش‌های محیطی در طیف وسیعی از زمینه‌های کشاورزی و باغبانی به‌کار گرفته شده است (Cross & Edward-Jones, 2011). این شاخص بر مبنای معادلات جبری به‌منظور سازمان‌دهی اطلاعات موجود در رابطه با مخاطرات زیست‌محیطی سموم دفع آفات شیمیایی توسعه یافته است تا براساس نتایج حاصل از این مدل، بتوان آفت‌کش‌های شیمیایی را بر مبنای مخاطرات زیست‌محیطی و خطرات موجود برای سلامت انسان طبقه‌بندی کرد و سمومی که کم‌ترین مخاطرات را به‌دنبال دارند، انتخاب نمود (Kovach et al., 1992). همچنین سهولت و سادگی در اندازه‌گیری از مشخصه‌های مناسب شاخص‌های ارزیابی زیست‌محیطی به‌شمار می‌رود.

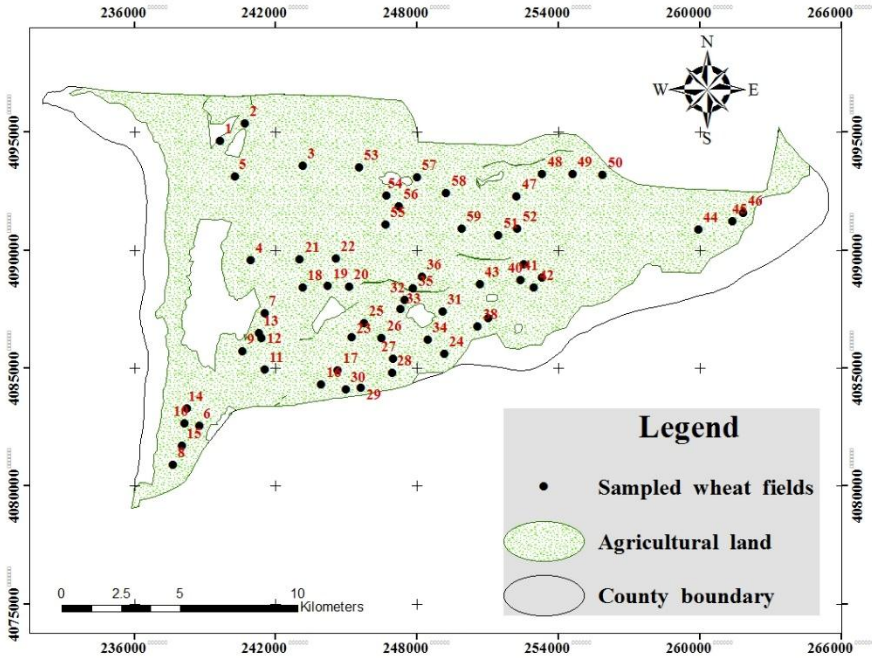
شاخص‌های زیست‌محیطی را به‌سادگی می‌توان اندازه‌گیری کرد و حتی در صورت کمبود اطلاعات که از جمله مهم‌ترین مشکلات به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه می‌باشد نیز قابل ارزیابی است (Moeinodini et al., 2014Feola et al., 2011 ;). مطالعه تنوع خطر آفت‌کش‌ها در تولید محصولات زراعی بریتانیای کبیر بین سال‌های ۲۰۰۸– ۱۹۹۲، به‌عنوان شاخصی برای نظارت بیش‌تر بر اثربخشی مقررات جدید اروپا برای کاهش تأثیر زیست‌محیطی آفت‌کش‌ها بر موجودات غیر هدف پیشنهاد شده است. براساس نتایج این تحقیق، رتبه‌بندی مقادیر شاخص‌های EIQ و EI[2] در طول این دوره کاهش یافته است، امّا میزان تغییرات متناسب با نوع محصول متفاوت بوده و روند افزایشی یا کاهشی را نشان داده و در شش سال پایانی دوره، روند نزولی نداشته است (Cross & Edward-Jones, 2011). در مطالعه تعیین رابطه بین استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی مصنوعی و تشدید کشاورزی در ارتفاعات شمالی تایلند، نتایج نشان داد که ۷۷ درصد از کشاورزان برای مدیریت آفات خود، تنها به آفت‌کش‌های مصنوعی تکیه دارند. به‌طور متوسط هر کشاورز ۱۳/۳ کیلوگرم ماده مؤثره در هر هکتار از مزرعه خود به‌کار برده، امّا با این حال تنوع آفات زیاد بوده است. به‌علاوه، آن دسته از کشاورزانی که گواهینامه عمومی شیوه‌های خوب کشاورزی (Q-GAP) را دریافت کرده بودند، قادر به کاهش کاربرد سموم دفع آفات و تأثیر زیست‌محیطی آن نبودند (Schreinemachers & Tipraqsa, 2012). در تحقیقی در مزارع گندم (*Triticum aestivum* L.)، سویا (*Glycine max* L. Merr.)، پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) و کلزا (*Brassica napus* L.) در شهرستان گرگان، نتایج نشان داد که میزان مصرف سموم در مزارع پنبه و سویا، بیش از میانگین در سایر مزارع بوده و این مزارع در آلودگی محیط زیست بیش‌ترین سهم را دارا می‌باشند (Alame et al., 2013).

در زراعت گندم و جو در کشور حدود ۴۲۰۰ تن آفت‌کش مصرف می‌شود. با توجه به سطح زیرکشت گندم و جو (۸/۱ میلیون هکتار) آفت‌کش‌های مصرفی به‌ازای هر هکتار، حدود ۵۱۸ گرم (میلی‌لیتر) می‌باشد. از طرفی، تولید گندم و جو در کشور، حدود ۱۸ میلیون تن است. بنابراین، سم مصرفی به‌ازای تولید یک کیلوگرم گندم حدود ۰/۲ گرم است (Heidari et al., 2015). بنابراین، بررسی عوارض و اثرات منفی مصرف این میزان آفت‌کش در مزارع گندم ضروری به‌نظر می‌رسد. این تحقیق به‌منظور بررسی اثرات زیست‌محیطی آفت‌کش‌های مصرفی و تهیه نقشه شاخص EIQ در سطح اراضی گندم شهرستان بندر ترکمن، انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۹– ۱۳۹۸ در ۵۹ مزرعه گندم واقع در چهار جهت اصلی شهرستان بندر ترکمن (استان گلستان) که به‌صورت تصادفی انتخاب شدند، انجام شد (شکل ۱). بدین منظور در دو بازه زمانی قبل و پس از کنترل شیمیایی (بهمن ماه ۹۸ و فروردین ۹۹) بازدید و نمونه‌برداری از گیاهان هرز و حشرات مفید و آفت در این مزارع صورت گرفت و به‌علاوه اطلاعات مربوط به کلیه سموم مورد استفاده جهت مبارزه و کنترل آفات گیاهی (از جمله حشرات و کنه‌ها، قارچ‌های بیماری‌زا و علف‌های هرز) بر حسب نوع، دفعات سمپاشی، غلظت ماده مؤثره و همین‌طور عملکرد گندم در واحد هکتار در قالب پرسشنامه و پایش مزارع جمع‌آوری شد.

1 - Environmental Impact Quotient



شکل ۱- موقعیت مزارع گندم نمونه‌برداری شده در شهرستان بندر ترکمن

Fig. 1- Location of sampled wheat fields in Bandar-e-Turkeman county

برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی آفت‌کش‌های مصـرفی در ایـن بررسی، از روش EIQ استفاده شد. مقدار عددی این شاخص، میانگین سه جزء اصلی آسیب شـامل آسـیب بـالقوه بـرای سـلامت کـارگران مزرعه، آسیب به مصرف‌کنندگان از طریق اثر مستقیم مواد سمی باقی مانده در محصولات غذایی و یا از طریق آلودگی آب‌های زیرزمینـی و اثرات منفی بالقوه برای محیط زیست شامل موجـودات زنـده آبـزی و خشکی‌زی را نشان می‌دهد. جزئیات محاسبه هر یک از این سه بخش ارائه شده است (Kovach et al., 1992). بـدین ترتیـب، مـدل EIQ مجموعه اطلاعات اثرات زیست‌محیطی مصرف آفت‌کـش بـه‌صـورت یک عدد از طریق معادله مبتنی بر سه جزء اصلی گفته شـده را ارائـه می‌دهد که در معادلـه ۱ نشـان داده شـده اسـت (Bazregar et al., 2013).

که در این معادله، DT: سمیت پوسـتی، C: سـمیت مـزمن، SY: سیستمیک بودن، F: سمیت برای ماهی‌ها، L: پتانسـیل آبشـویی، R: پتانسیل تلفات سطحی، D: سمیت برای پرندگان، S: نیمه عمر خاک، Z: سمیت برای زنبور عسل، B: سمیت بـرای بنـدپایان سـودمند و P: نیمه عمر در سطح گیاه است. اعداد مربوط به هر یک از ایـن سـموم ثابت بوده و طی تحقیقات و آزمایش‌ها در منابع مختلف به‌دست می‌آیند. برآورد حدود ۳۲۲ آفت‌کش بـا اسـتفاده از مـدل EIQ در وبگـاه http://www.nysipm.cornell.edu/publication/eiq/files/EIQ_values04.pdf قابل دسترس می‌باشـد (Ramezani, 2013). در این پژوهش، از آخرین نسخه به‌روزرسانی شـده ایـن سـایت در سـال ۲۰۲۰ استفاده شد (جدول ۱). اطلاعات مربوط بـه سـموم آفـت‌کـش مورد استفاده در هر مزرعه، در جدول ۲ گردآوری شدند. مقادیر ممکن برای این شاخص می‌تواند در محدوده ۶/۷-۲۲۶/۷ برای تمامی آفت‌کش‌ها باشد. چون برای علف‌کش‌ها همیشه متغیر SY برابر عدد یک و P عدد سه است، بیشینه مقدار EIQ برای علف‌کش‌ها ۱۴۳/۳ می‌باشد (Kniss & Coburn, 2015).

معادله (۱)

$$EIQ = \{[C(DT \times 5) + (DT \times P)] + [(C \times ((S+P)/2) \times (SY) + (L)] + (L)] + [(F \times R) + (D \times ((S+P)/2) \times 3) + (Z \times P \times 3) + (B \times P \times 5)]\}/3$$

جدول ۱- اجزای شاخص زیست‌محیطی (EIQ) برای آفت‌کش‌های مصرفی در مزارع گندم شهرستان بندر ترکمن

Table 1- Components of Environmental Impact Quotient (EIQ) for pesticides used in wheat fields of Bandar-e-Turkmen county

رده Class	نام عمومی Common name	نام تجاری Commerical name	اجزای شاخص تأثیر زیست‌محیطی آفت‌کش‌ها Components of pesticide environmental impact quotient				مقدار EIQ EIQ value	ماده مؤثره Active ingredient (%)
			کارگر مزرعه Farm worker	مصرف‌کننده consumer	بوم‌شناختی Ecological	عدد گم شده Missing number		
حشره کش Insecticide	استامی پراید Acetamiprid	موسپیلان Mospilan	6.90	7.35	71.95	P	28.73	0.20
	دلتامترین Deltamethrin	دسیس Decis	18.00	2.00	65.15	-	28.38	0.02
	ایمیداکلوپراید Imidacloprid	کونفیدور Confidor	6.90	10.35	92.88	P	36.71	0.35
قارچ کش Fungicide	کاربندازیم Carbendazim	باویستین Bavistin	25.00	40.50	86.00	Z	50.50	0.60
	کاربوکسین Carboxin	ویتاواکس تیرام Vitavax thiram	8.10	7.15	55.87	-	18.71	0.75
	پروپیکونازول Propiconazole	تیلت Tilt	12.00	19.00	63.90	-	31.63	0.25
	سیپروکونازول Cyproconazole	آلتو Alto	20.25	25.88	67.95	P	38.03	0.10
علف کش Herbicide	توفوردی 2,4-D	یو ۴۶ دی U 46 D	8.00	5.00	33.00	-	15.33	0.72
	مزوسولفورون+ یدوسولفورون+ مفن‌پایر Mesosulfuron + iodosulfuron + mefenpyre	آتلانتیس Atlantis	8.00	6.00	54.00	-	22.67	0.03
	تری بنورون متیل Tribenuron-methyl	گرانستار Granstar	12.00	6.10	33.40	-	17.17	0.75
	کلودینافوپ پروپارژیل Clodinafop-propargyl	تاپیک Topik	16.00	5.00	55.00	-	25.33	0.08
	بروموکسینیل-ام‌سی‌پی‌آ Bromoxinil+MCPA	برومایسید امآ Bromicide MA	12.00	6.00	33.00	P	17.00	0.22

با توجه به این که خطر محیطی یک آفت‌کش تابعی از میزان سمیت آن و مقداری است که در تماس با محیط، جاندار و یا انسان قرار می‌گیرد، بنابراین برای کمّی کردن اثرات محیطی سموم آفت‌کش در مزارع گندم، پس از محاسبه شاخص تأثیر زیست‌محیطی (اثر بالقوه)، براساس معادله ۲ میزان اثر محیطی هر آفت‌کش در واحد هکتار، با توجه به میزان مصرف و ماده مؤثره محاسبه و آفت‌کش‌های پرخطر برای سلامت انسان و محیط زیست شناسایی گردید. برای اندازه‌گیری میزان شاخص زیست‌محیطی یک سم در واحد سطح (هکتار) در یک مزرعه، از حاصل‌ضرب مقادیر EIQ در میزان ماده مؤثره هر آفت‌کش و مقدار مصرف آفت‌کش در مزرعه استفاده شد. در نهایت، مقادیر EIQ-FUR برای هر آفت‌کش به‌کار رفته در هر مزرعه، برای تعیین اثر زیست‌محیطی تولید هر محصول در مدیریت آفات، جمع زده شدند (معادله ۲) (Moeinodini et al., 2014).

معادله (۲):

$$EIQ_{FUR} = EIQ \times \%activeingredient \times RA$$

که در آن، EIQ-FUR: اثر زیست‌محیطی در واحد هکتار، EIQ:

شاخص تأثیر زیست‌محیطی آفت‌کش، RA: میزان مصرف آفت‌کش در واحد هکتار در مزرعه و ai: درصد ماده مؤثره آفت‌کش می‌باشد. به‌منظور ترسیم نقشه اثر زیست‌محیطی آفت‌کش‌های مصرفی مزارع گندم شهرستان، ابتدا یک پایگاه اطلاعاتی شامل مختصات مکانی ثبت شده هر مزرعه و مقدار عددی شاخص در صفحه Excel ایجاد و سپس لایه‌های کاربری اراضی کشاورزی و مرز شهرستان در نرم‌افزار ArcGIS در محیط ArcMap نسخه ۱۰/۸ فراخوانی و شاخص اثر زیست‌محیطی به‌صورت نقشه، خروجی گرفته شد.

جدول ۲- فهرست آفت‌کش‌های مصرف شده در مزارع گندم شهرستان بندر ترکمن

Table 2- List of pesticides used in wheat fields of Bandar-e-Turkeman county

شماره مزرعه Field number	نام آفت‌کش Pesticide name	شماره مزرعه Field number	نام آفت‌کش Pesticide name
1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 13, 14, 18, 19, 22, 29, 31, 33, 36, 37, 38, 39, 41, 44, 46, 49, 50, 53, 55, 57, 58, 59	کلودینافوپ پروپارژیل Clodinafop-propargyl	3, 5, 6, 7, 9, 11, 12, 15, 17, 19, 20, 21, 22, 27, 29, 30, 31, 33, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 44, 46, 47, 50, 53, 54, 57, 58, 59	پروپیکونازول Propiconazole
7, 8, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 34, 43, 45, 47, 52, 54	مزوسولفورون+ یدوسولفورون+ مفن‌پایر Mesosulfuron + iodosulfuron + mefenpyre	2, 5, 9, 14, 30, 31, 35, 36, 38, 39, 41, 44, 46, 48, 49, 50, 51, 55, 58	تری بنورون متیل Tribenuron-methyl
9, 10, 17, 35, 36, 40, 53	کاربندازیم Carbendazim	1, 14, 16, 23, 26, 28, 32, 34, 40, 45, 48, 49, 52, 55	سیپروکونازول Cyproconazole
8, 10, 30	توفوردی 2,4-D	16, 23, 28, 34, 35	دلتامترین Deltamethrin
17	استامی پراید Acetamiprid	7, 53	بروموکسینیل-ام‌سی‌پی‌آ Bromoxinil+MCPA
تمامی مزارع All fields	کاربوکسین Carboxin	40	ایمیداکلوپراید Imidacloprid

نتایج و بحث

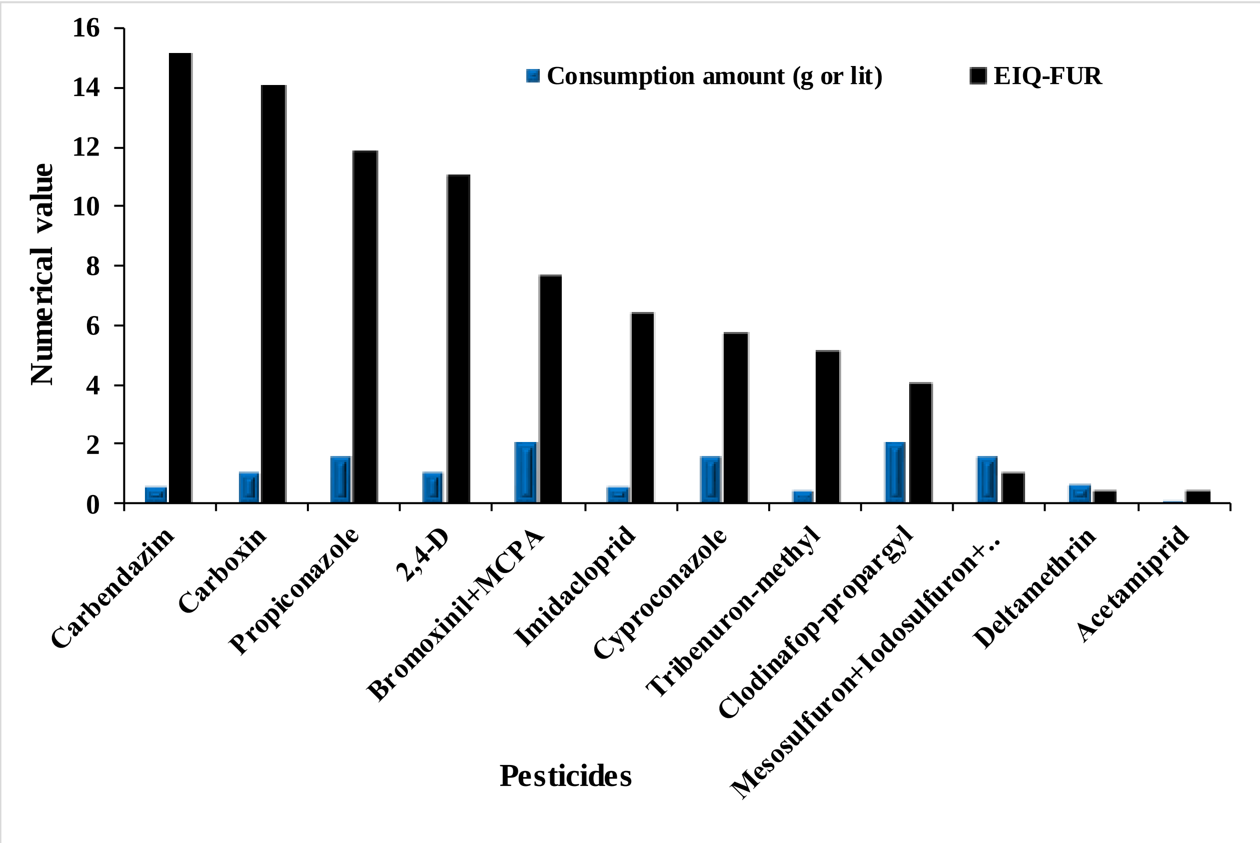
بررسی اجزای شاخص زیست‌محیطی سموم شیمیایی مصرفی در مزارع گندم شهرستان بندر ترکمن، نشان داد که نمره نهایی EIQ برای تمامی سموم، بیش‌ترین تأثیر را از بخش بوم‌شناختی می‌پذیرد (جدول ۱). به‌طوری‌که به‌ترتیب حشره‌کش ایمیداکلوپراید (۹۲/۸۸)، قارچ‌کش کاربندازیم (۸۶/۰۰)، حشره‌کش استامی پراید (۷۱/۹۵)، قارچ‌کش سیپروکونازول (۶۷/۰۰) و حشره‌کش دلتامترین (۶۵/۱۵) بیشترین مقدار سمیت برای بخش بوم‌شناختی را داشته و در نمره نهایی EIQ برای این سموم سهم بسزایی داشتند. در ارزیابی زیست‌محیطی سموم کشاورزی مورد استفاده در مزارع پنبه استان گلستان مشخص شد که مصرف سموم بیش‌ترین تأثیر را در بین سه مؤلفه اصلی کارگران مزرعه، مصرف‌کنندگان و جزء بوم‌شناختی، بر بخش بوم‌شناختی شامل اجزای آبزیان، زنبورها، موجودات مفید و پرندگان داشته است (Arefi et al., 2019). مقایسه سه بخش فرمول EIQ برای سموم مصرفی گویای آن است که کارگران مزرعه در هنگام سم‌پاشی بایستی اصول بهداشتی و مراقبتی را رعایت نمایند، زیرا خطر این سموم بیش‌تر متوجه کارگران مزرعه می‌باشد. طبق اطلاعات مندرج در جدول ۱، قارچ‌کش کاربندازیم بیش‌ترین (۴۰/۵۰) و حشره‌کش دلتامترین (۲/۰۰) کم‌ترین آسیب را به بخش مصرف‌کننده وارد می‌کنند که با نتایج پژوهش بررسی شاخص EIQ آفت‌کش‌های مصرفی در محصول گندم و جو در مشهد هم‌خوانی دارد (Maleki et al., 2015). همچنین نتایج نشان داد که قارچ‌کش کاربندازیم خطرناک‌ترین و حشره‌کش‌های استامی‌پراید و ایمیداکلوپراید کم‌خطرترین سموم برای کارگران مزرعه می‌باشند (جدول ۱). بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که قارچ‌کش کاربندازیم سمی خطرناک برای هر سه بخش بوم‌شناختی، مصرف‌کننده و کارگر مزرعه بوده و جایگزینی آن با سایر قارچ‌کش‌های کم خطر مانند کاربوکسین جهت ضدعفونی بذور، راه حل مناسبی جهت کاهش خطر آسیب به بخش‌های مختلف زیست‌محیطی می‌باشد. بنابر نتایج مندرج در جدول ۱، علف‌کش‌های توفوردی، بروموکسینیل و تری بنورون متیل دارای کم‌ترین مقدار شاخص زیست‌محیطی (EIQ) در میان سموم مصرفی می‌باشند. محاسبه میزان شاخص اثر زیست‌محیطی سموم مصرفی با تأثیر مقدار ماده مؤثره و میزان کاربرد

آن‌ها در یک هکتار در شکل ۲، نشان می‌دهد که بیش‌ترین خطر زیست‌محیطی (EIQ-FUR) مربوط به کاربرد ۰/۵ لیتر سم کاربندازیم (۱۵/۱۵) می‌باشد. مصرف یک گرم از قارچ‌کش بذرمال کاربوکسین و یک لیتر از علف‌کش توفوردی با حصول EIQ-FUR برابر با ۱۴/۰۳ و ۱۱/۰۳، به‌ترتیب در رتبه‌های بعدی بالاترین مقدار این شاخص قرار گرفتند. از میان ۵۹ مزرعه مورد بررسی در این شهرستان، کم‌تر از ۱۰ کشاورز از سموم حشره‌کش استفاده کردند و از میان سه نوع حشره-کش موجود، کاربرد ۰/۵ لیتر سم ایمیداکلوپراید (کونفیدور) بیش‌ترین آسیب محیطی را نشان داد (شکل ۲). بر طبق جدول ۲، قارچ‌کش غالب مصرفی در مزارع مورد بررسی، پروپیکونازول بوده است، امّا مقایسه قارچ‌کش‌های به‌کار رفته در این شکل، قارچ‌کش سیپروکونازول (آلتو) را به‌عنوان سمی کم خطر جهت مقابله با بیماری‌های قارچی معرفی می‌کند، زیرا مصرف ۱/۵ لیتر از این سم، مقدار EIQ-FUR کم‌تری نسبت به سم پروپیکونازول (تیلت) دارا می‌باشد. همچنین مصرف ۱/۵ لیتر از سم متیل مزوسولفورون (آتلانتیس) در میان علف‌کش‌های مصرفی در گندم‌زارهای شهرستان، کم‌ترین میزان خطر زیست‌محیطی را نشان داد و می‌توان نتیجه گرفت، استفاده از این علف‌کش دو منظوره پهن‌برگ و باریک‌برگ - کش می‌تواند تا حدود زیادی منجر به کاهش آسیب‌های محیطی سموم گردد، زیرا تمرکز بیش‌تر کشاورزان منطقه بر استفاده از علف-کش‌ها می‌باشد. استفاده از سمومی با مقادیر EIQ-FUR کم‌تر و جایگزینی این سموم با آفت‌کش‌های پر خطر، می‌توانند به سلامت محیط و انسان کمک شایانی نماید. به‌نظر می‌رسد برای محدود کردن اثرات زیست‌محیطی ناشی از کاربرد آفت‌کش‌های مصنوعی، بایستی اولویت بیش‌تری به توسعه و ترویج روش‌های غیر صنعتی کنترل آفات داده و همزمان عرضه آفت‌کش‌های بسیار خطرناک به‌تدریج محدود گردد (Schreinemachers et al., 2011). جدول ۳ اثر زیست‌محیطی آفت‌کش‌های مصرف شده در مزارع گندم شهرستان را نشان می‌دهد. تنوع عددی اثرات زیست‌محیطی مزارع به‌دلیل استفاده از آفت‌کش‌های متفاوت و مقادیر مختلف مصرف آفت‌کش در واحد هکتار توسط کشاورزان می‌باشد. در واقع، تنوع در مدیریت شیمیایی کشاورزان منطقه (جدول ۲)، منجر به دامنه گسترده از اعداد مربوط به اثرات زیست‌محیطی آفت‌کش شده است. در مزارع شماره ۲۵، ۵۵ و ۴۲ با اثر زیست‌محیطی به‌ترتیب ۶/۳۱، ۷/۰۱ و ۷/۰۲ تنها قارچ‌کش بذرمال ویتاواکس تیرام به‌مقدار ۰/۴۵ و ۰/۵۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شده و هیچ آفت‌کش دیگری در مزرعه استفاده نشده است (جدول ۲).

مزرعه شماره ۲۴ با وجود مصرف قارچ‌کش کاربوکسین (۰/۴کیلوگرم در هکتار) و علف‌کش متیل مزوسولفورون (۱/۵ لیتر در هکتار)، از مقدار اثر زیست‌محیطی پایینی (۶/۶۳) برخوردار است. دلیل این امر، استفاده از مقدار کم‌تر قارچ‌کش بذرمال و کاربرد علف‌کشی است که دارای ماده مؤثره و شاخص EIQ پایین‌تری می‌باشد (جدول ۱). بر طبق جدول ۳، مزارع شماره ۴۰، ۱۰، ۳۰، ۹ و ۳۵ با EIQ-FUR برابر با ۴۱/۴۹، ۳۳/۲۰، ۳۱/۲۰، ۳۰/۸۵ و ۳۰/۶۷ به‌ترتیب بیش‌ترین تأثیر زیست‌محیطی در واحد هکتار را دارا می‌باشند. بالابودن مقدار این شاخص در این مزارع به‌غیر از مزرعه شماره ۳۰، استفاده قارچ‌کش‌های کاربندازیم و پروپیکونازول (تیلت) می‌باشد. کاربرد ۰/۵ لیتر از سم کاربندازیم و ۱/۵ لیتر از سم پروپیکونازول اثر محیطی برابر با ۱۵/۱۵ و ۱۱/۸۶ را داراست. مصرف یک لیتر از سم پهن‌برگ‌کش توفوردی اثر زیست‌محیطی تقریباً برابر با ۱/۵ لیتر سم پروپیکونازول ایجاد می‌کند. استفاده از این دو سم در مزرعه شماره ۳۰ باعث افزایش این شاخص گردیده است (جدول و شکل ۲). استفاده از علف‌کش دو منظوره مانند متیل مزوسولفورون (آتلانتیس)، حشره‌کش دلتامترین، قارچ‌کش‌های سیپروکونازول (آلتو) و کاربوکسین در مزارع شماره ۲۸، ۲۶ و ۳۴ با وجود کاربرد سموم متفاوت جهت کنترل آفات مختلف، میزان اثر زیست‌محیطی کم‌تری نسبت به سایر مزارعی نشان داد که تنها از دو یا سه سم خطرناک استفاده کردند. در واقع، با کاربرد سمومی با اثر زیست‌محیطی پایین‌تر از هر گروه که دارای شاخص زیست‌محیطی (EIQ) و مقدار مصرف کم‌تر باشند، می‌توان اثر زیست‌محیطی مزارع را کاهش داد (جدول ۲).

در شکل ۳، اثرات محیطی آفت‌کش‌های مصرفی در مزارع گندم شهرستان به‌صورت مکانی نشان داده شده است. براساس این نقشه، مزارعی با حداقل اثر زیست‌محیطی (۶/۳۲ تا ۷/۸۸) در بخش مرکزی و جنوبی شهرستان و طبقه بعدی (۹/۰۸ – ۱۱/۴۹) در یک نوار جنوبی از غرب تا شرق کشیده شده است. شاخص زیست‌محیطی مربوط به تعداد زیادی از مزارع نمونه‌برداری شده، به میانگین اثرات زیست‌محیطی کلی شهرستان نزدیک بود و فراوانی بالایی نسبت به طبقات دیگر داشته و در سطح منطقه مورد نظر به‌شکل پراکنده قرار گرفتند. بر طبق جدول ۳ و شکل ۳، بیشینه مقدار این شاخص به پنج مزرعه تعلق داشت که در قسمت جنوبی و مرکز شهرستان واقع بودند.

به‌طور کلی، دلیل منطقی و توجیه‌پذیری درباره چگونگی و نحوه پراکنش این نقاط نمی‌توان یافت، زیرا مدیریت شیمیایی هر کشاورز مختص به خود بوده و طبق سلیقه شخص انجام می‌شود. به‌طور مثال، گاه کشاورز (به‌خصوص زمانی که از تناوب‌های مختلف گیاهی بهره نمی‌برند) چند نوع آفت‌کش خاص را انتخاب کرده و برای چندین سال متوالی از آن‌ها استفاده می‌کند. در اکثر موارد عدم آگاهی کشاورز از راهبردهای جدید کنترل آفات و یا سمومی با خطرات زیست‌محیطی پایین‌تر، می‌تواند دلیلی برای تکرار استفاده از آفت-کش‌های خاص باشد. همچنین عدم آگاهی کشاورز از قارچ‌کش یا آفت‌کش‌های بذرمال، می‌تواند منجر به ظهور آفات برگ‌خوار در مرحله ابتدایی رشد گیاه‌گردد که در مقابل، اطلاع‌رسانی به کشاورز می‌تواند از هزینه‌های آینده کنترل آفات و افزایش اثر زیست‌محیطی آفت‌کش‌ها جلوگیری کند. کشاورزان بر اساس شنیده‌ها و تعاریف دیگران اقدام به خرید و مصرف سموم شیمیایی نموده و گاهی برای تأثیر بیش‌تر، مقادیر مصرفی از میزان توصیه شده آفت‌کش فراتر می‌رود. بر اساس جدول ۲، می‌توان نتیجه گرفت کشاورزان این منطقه تمایل زیادی به استفاده از سموم شیمیایی ندارند که دلیل آن می‌تواند عدم صرفه اقتصادی خرید و مصرف آفت‌کش‌ها در برابر حصول عملکرد پایین محصول از مزارع باشد.



شکل ۲- مقادیر مختلف مصرف سموم (حشره‌کش، علف‌کش و قارچ‌کش) و شاخص زیست‌محیطی آن‌ها در یک هکتار از مزرعه گندم

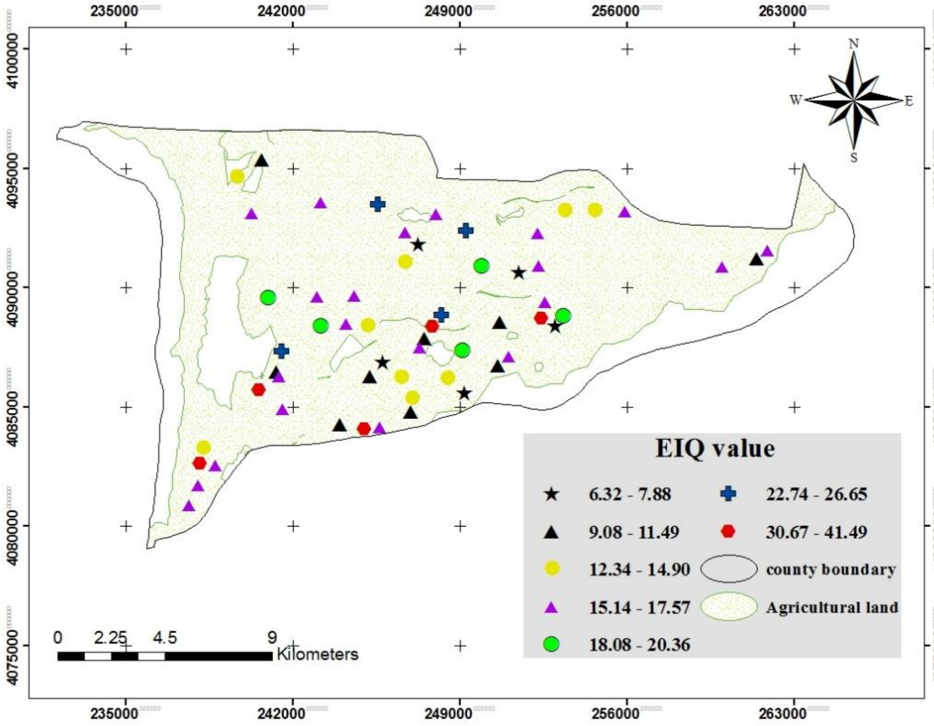
Fig. 2- Different consumption amounts of pesticides (insecticides, herbicides, and fungicides) and their environmental index per hectare of wheat fields

جدول ۳- اثر محیط‌زیستی آفت‌کش‌های مصرفی در مزارع گندم شهرستان بندر ترکمن

Table 3- Environmental impact quotient in wheat fields of Bandar-e-Torkeman county

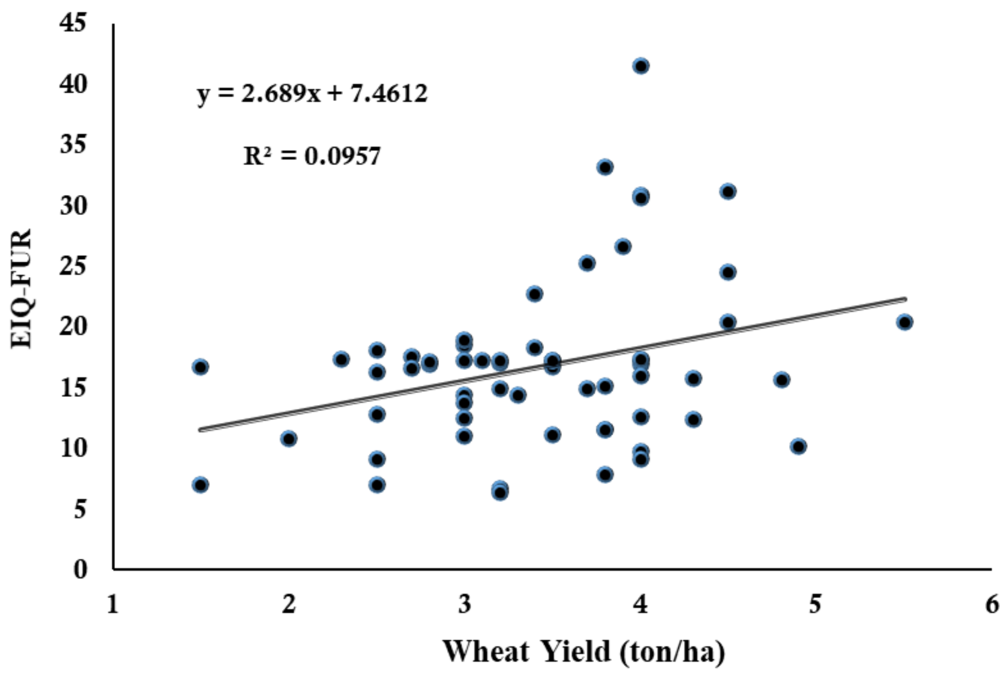
شماره مزرعه Field number	مختصات Coordinate X	Y	شاخص محیط زیستی EIQ-FUR	شماره مزرعه Field number	مختصات Coordinate X	Y	شاخص محیط زیستی EIQ-FUR
1	239655	4094626	12.85	31	249101	4087378	18.24
2	240707	4095357	9.13	32	247502	4087863	10.82
3	243188	4093575	17.36	33	247330	4087477	17.27
4	240969	4089577	18.09	34	248475	4086201	12.55
5	240278	4093120	16.74	35	247866	4088362	30.67
6	238769	4082534	17.57	36	248241	4088877	26.66
7	241540	4087329	24.46	37	251037	4087095	17.26
8	237655	4080874	16.98	38	250605	4086741	11.05
9	240602	4085695	30.85	39	252550	4089379	17.27
10	238129	4082635	33.20	40	252406	4088718	41.49
11	241572	4084908	16.65	41	253334	4088828	20.36
12	241426	4086261	16.66	42	252996	4088404	7.02
13	241296	4086464	9.74	43	250681	4088560	9.09
14	238248	4083259	14.37	44	259972	4090858	16.92
15	238041	4081694	15.29	45	261416	4091229	11.14
16	243958	4084274	11.49	46	261869	4091572	17.27
17	244666	4084878	18.46	47	252251	4092265	15.60
18	243177	4088410	20.35	48	253352	4093224	13.75
19	244244	4088461	17.27	49	254636	4093219	14.36
20	245125	4088421	14.90	50	255909	4093176	17.11
21	243040	4089610	15.74	51	251484	4090629	7.88
22	244565	4089647	17.27	52	252297	4090895	15.14
23	245243	4086287	11.49	53	245568	4093491	25.23
24	249172	4085573	6.63	54	246710	4092306	15.94
25	245776	4086897	6.32	55	246684	4091076	12.53
26	246528	4086244	12.34	56	247243	4091844	7.02
27	246989	4085367	14.90	57	248012	4093084	17.30
28	246953	4084793	10.18	58	249263	4092400	22.75
29	245645	4084157	16.95	59	249913	4090910	18.88
30	245002	4084062	31.20		میانگین Average		16.69

پراکندگی نقاط موجود در رابطه دو متغیر مستقل (EIQ-FUR) و متغیر وابسته (عملکرد دانه) در شکل ۴ نشان‌دهنده همبستگی ضعیف بین این دو متغیر می‌باشد. همان‌طور که ضریب تعیین (R^2) نزدیک به صفر در این رابطه گویای عدم تناسب رابطه خطی و مستقیم بین این دو متغیر است. بدین معنا که افزایش مقدار مصرف یا تنوع در سموم شیمیایی مصرفی، سبب افزایش عملکرد گندم مزارع مورد بررسی نشده است. این نتایج می‌تواند بیانگر این حقیقت باشد که رسیدن به عملکرد پتانسیل مزارع، نیازمند مدیریت متغیرهای دیگر دخیل در تولید باشد. بنابراین، کاهش آسیب‌های شیمیایی از طریق کاربرد سموم کم خطر و مصرف مناسب آن‌ها و به تبع آن کاهش اثرات زیست‌محیطی آفت‌کش‌ها و مدیریت مناسب زراعی می‌توان عملکرد اقتصادی مزارع را نیز بهبود بخشید. در بررسی رابطه EIQ-FUR و عملکرد چغندرقند در مکان نظام‌های مختلف کشت در استان‌های خراسان نشان داده شد که بین این دو رابطه‌ای وجود ندارد. این بدان معناست که افزایش استفاده از آفت‌کش‌ها در مزرعه به‌لحاظ تنوع سموم و هم از نظر مقدار کمّی ماده مؤثره، افزایش قابل ملاحظه‌ای در عملکرد چغندرقند نداشته است. بنابراین، امکان بهبود کارکرد زیست‌محیطی تولید چغندرقند با کاهش سموم شیمیایی همراه با حفظ یا افزایش عملکرد اقتصادی وجود دارد (Bazregar et al., 2013).



شکل ۳- پراکنش اثرات محیط زیستی آفت‌کش‌های مصرفی مزارع گندم در شهرستان بندر ترکمن

Fig. 3- Distribution of environmental effects of pesticides used on wheat fields in Bandar-e-Turkeman County



شکل ٤- رابطه EIQ-FUR با میزان عملکرد گندم (تن در هکتار) در مزارع گندم شهرستان بندرترکمن

Fig. 4- Relationship between EIQ-FUR and wheat yield ($ton.ha^{-1}$) in wheat fields of Bandar-e-Turkeman County

نتیجه‌گیری

بررسی داده‌های مدیریتی مزارع نشان داد که بیش‌ترین تمرکز کشاورزان گندم‌کار شهرستان بندرترکمن بر استفاده از علف‌کش‌ها و قارچ‌کش‌ها می‌باشد. بازدید و نمونه‌برداری از گیاهان هرز و حشرات مفید و آفت مزارع گندم مورد بررسی در شهرستان، نشان داد که هجوم حشرات آفت مانند سن گندم، ملخ، شته، تریپس و سوسک، نقش قابل توجهی در کاهش عملکرد محصول مزارع دارند، با این حال کشاورزان در مدیریت شیمیایی توجه کمتری به آن‌ها دارند. به نظر می‌رسد در رابطه با مدیریت حشرات آفت به کشاورزان آگاهی لازم داده نشده و کشاورزان تنها گیاهان هرز را به‌عنوان عامل محدودکننده عملکرد می‌دانند. برخی از کشاورزان به‌دلیل عدم کارایی سموم در کنترل گیاهان هرز، افزایش میزان مصرف در واحد هکتار را به‌عنوان راه حل دانسته و مقدار دز بالاتری از حد مجاز و استاندارد به کار می‌برند که این عامل نه تنها باعث افزایش عملکرد نمی‌شوند، بلکه تنها باعث افزایش هزینه‌ها و میزان اثر زیست‌محیطی می‌شود. همچنین، عدم کارایی سموم پس از یک دوره، کشاورز را به استفاده از انواع جدید سموم سوق می‌دهد که این می‌تواند یک راه مؤثر در کاهش احتمال بروز مقاومت در حشرات آفت و گیاهان هرز باشد. با این حال، در صورت تعلق این سموم جدید به گروه سموم پرخطر مانند کاربندازیم، استفاده از این سموم عواقب جدی به همراه خواهد داشت. لازم است به‌منظور افزایش سلامت محصولات کشاورزی و حفظ سلامت انسان و محیط زیست، اطلاع‌رسانی به کشارزان در جهت معرفی میزان سمیت سموم کشاورزی و عواقب آن برای انسان و محیط زیست صورت گیرد.

از طرفی، مشکل جدی در کشور کاربرد بی‌رویه و بدون برنامه‌ریزی و عدم مدیریت صحیح مصرف سموم است. با به‌کارگیری تناوب در مصرف آفت‌کش‌ها، رعایت تناوب زراعی، به‌کارگیری آفت‌کش‌های بیولوژیک (زیستی) با توجه به شرایط بومی و اقلیمی هر منطقه، می‌توان نسبت به بهینه‌سازی مصرف آفت‌کش‌ها اقدام نمود. استفاده از ارقام مقاوم به آفات، اصلاح ساختار مصرف سموم شیمیایی و حذف سموم پر خطر از فهرست سموم مصرفی، اجرای عملیات مبارزه زراعی زمستانه، حذف علف‌های هرز، خاکورزی و زهکشی مناسب، راه‌های دیگر کاهش مصرف آفت‌کش‌ها و نیز کاهش هزینه‌های زیست‌محیطی تولید محصولات کشاورزی می‌باشد. به‌علاوه، در میان سه جزء تشکیل‌دهنده شاخص EIQ شامل خطر برای کارگر مزرعه، مصرف‌کننده و بوم‌شناسی، مقادیر عددی این سه جزء می‌توانند بسته به مکان متفاوت باشند. مقادیر فعلی این شاخص، تفاوت‌ها در فناوری کاربرد یا استفاده از تجهیزات حفاظت فردی را در نظر نمی‌گیرد. از این رو، انتظار می‌رود که خطرات برای کارگران مزرعه (و خانواده‌های آن‌ها) در کشورهای در حال توسعه بیش‌تر از کشورهای صنعتی باشد. زیرا در کشورهایی با درآمد پایین و متوسط، تفکیک فعالیت‌های کشاورزی و زندگی خانواده‌ها، کم‌تر مشخص است، بنابراین بیش‌تر در معرض آفت‌کش‌ها قرار می‌گیرند (Kromann et al., 2011). به‌طور کلی، می‌توان نتیجه گرفت که مدل EIQ نیازمند تغییراتی در جهت بومی‌سازی با مناطق مورد مطالعه است از جمله لحاظ نمودن تعداد کارگران مزرعه، مشخص‌سازی نوع ادوات و تجهیزات مورد استفاده و تفکیک نوع کشورهای توسعه یافته یا در حال توسعه.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، کشاورزان گندم‌کار و مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان بندر ترکمن به‌جهت همکاری در اجرای این پژوهش قدردانی به عمل می‌آید.

References

1. Alame, Z., Shahriari Rad, A., Soltani, A., & Zeinali, A., (2013). Environmental evaluation of pesticides used in wheat, rapeseed, soybean, and cotton in Gorgan. The 1st National Conference on Solutions to Access Sustainable Development in Agriculture, Natural Resource and Environment. 10 March. Tehran, Iran. (In Persian)
2. Arefi, R., Soltani, A., & Ajam Norozi, H., (2019). Assessment of environmental impact of agricultural pesticides using in cotton fields (*Gossypium herbaceum* L.) in Golestan province. *Journal of Agronomy*, *10*(4), 1135-1148. (In Persian) DOI: 10.22067/JAG.V10I4.61847
3. Bazrgar, A.B., Soltani, A., Koocheki, A., Zeinali, A., & Ghaemi, A., (2013). Evaluation of environmental effects of pesticides used in different sugar beet production systems in Khorasan provinces. *Journal of Agroecology*, *5*(2), 122-133. (In Persian) DOI: 10.22067/JAG.V7I1.48270

4. Bulut, S., Erdogus, S.F., Konuk, M., & Cemek, M., (2010). The organochlorine pesticide residues in the drinking waters of Afyonkarahisar, Turkey. *Ekoloji Dergisi, 19*(74), 24–31. DOI:10.5072/ZENODO.37106
5. Cross, P., & Edwards-Jones, G., (2011). Variation in pesticide hazard from arable crop production in Great Britain from 1992 to 2008: An extended time-series analysis. *Crop Protection, 30*, 1579-1585. DOI: 10.1016/j.cropro.2011.08.003
6. Feola, G., Rahn, E., & Binder, C.R., (2011). Suitability of pesticide risk indicators for less developed countries: A comparison. *Agriculture, Ecosystems and Environment, 142*, 238–245. DOI: 10.1016/j.agee.2011.05.014
7. Hassani, S., Ramroodi, M., Asghripour, M.R., & Ahamadi, E., (2020). The main differences of irrigated and rainfed barley (*Hordeum vulgar* L.) in terms of pollutants emissions in Khorramabad using LCA. *Journal of Agroecology, 11*(4), 1467-1481. (In Persian with English Summary) DOI: 10.22067/jag.v11i4.72652
8. Heidari, A., Tabrizian, M., Ramezani, M.K., Mahdavi, V., Heidari Alizadeh, B., & Faravardeh, L., (2015). Introduction, registration, formulation, techniques of application of chemical pesticides, production of pheromones, and research in the field of pesticides and determination of their allowable limit (MRLs) in agricultural products. Iranian Plant Protection Research Institute. 27 pages. (In Persian)
9. Kim, K-H., Kabir, S., & Ara Jahan, S., (2017). Exposure to pesticides and the associated human health effects. *Science of the Total Environment, 575*, 525–535. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.09.009
10. Kniss, A.R., & Coburn, C.W., (2015). Quantitative evaluation of the environmental impact quotient (EIQ) for comparing herbicides. *Plos One, 10*(6), e0131200. DOI: 10.1371/journal.pone.0131200.
11. Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J., & Tette, J., (1992). A method to measure the environmental impact of pesticides. *New York's Food and Life Sciences Bulletin, 139*, 1-8.
12. Kromann, P., Pradel, W., Cole, D., Taipe, A., & Forbes, G., (2011). Use of the environmental impact quotient to estimate health and environmental impacts of pesticide usage in Peruvian and Ecuadorian potato production. *Journal of Environmental Protection, 2*, 581-591. DOI:10.4236/jep.2011.25067
13. Maleki, L., Sadr Abadi Haghighi, H.R., & Barzegar, A.B., (2015). Evaluation of environment impact quotient (EIQ) pesticides used in wheat and barley production in Mashhad. *Journal Agronomy, 7*(1), 109-119. (In Persian) DOI: 10.22067/JAG.V7I1.48270
14. Masoumkhani, F., Abolhassani, L., Khorramdel, S., & Mohaddes Hosseini, S.A., (2019). Evaluation of environmental impacts of major agricultural products of Belherat rural district of Neyshabour using life cycle assessment. *Journal of Agroecology, 11*(3), 924-909. DOI: 10.22067/jag.v11i3.72459 (In Persian with English Summary)
15. Moeinodini, S., Zand, E., Kambuziya, J., Mahdavi Damghani, A.M., & Deyhimfard, R., (2014). Environmental risk assessment of registered insecticide uses in Iran Using EIQ. *Journal of Agroecology, 2*(6), 250-256. (In Persian) DOI: 10.22067/JAG.V6I2.39367.
16. NYSIPMA., (2020). A method to measure the environmental impact of pesticides, Table 2: List of Pesticides. Last Updated May 2020. https://nysipm.cornell.edu/eiq/
17. Ramezani, M.K., (2013). Fate of pesticides & their risks assessment in the environment: A review. *Journal of Weeds Research, 5*(1), 97-121. (In Persian)
18. Schreinemachers, P., Sringarm, S., & Sirijinda, A., (2011). The role of synthetic pesticides in the intensification of highland agriculture in Thailand. *Crop Protection, 30*, 1430-1437. DOI: 10.1016/j.cropro.2011.07.011
19. Schreinemachers, P., & Tipraqsa, P., (2012). Agricultural pesticides and land use intensification in high, middle, and low income countries. *Food Policy, 37*, 616–626. DOI: 10.1016/j.foodpol.2012.06.003
20. Székács, A., MáriaMörtl, M., & Darvas, B., (2015). Monitoring pesticide residues in surface and groundwater in Hungary: surveys in 1990–2015. *Journal of Chemistry, 717948*. DOI: 10.1155/2015/717948.
21. Tomlin, C.D.S., (2009). The Pesticide Manual: A World Compendium. British Crop Protection Council, 11th revised Ed., Alton, UK.
22. Wan, N., (2015). Pesticides exposure modeling based on GIS and remote sensing land use data. *Applied Geography. 56*, 99-106. DOI: 10.1016/j.apgeog.2014.11.012
23. White, L.M., Ernst, W.R., Julien, G., Garron, C., & Leger, M., (2006). Ambient air concentrations of pesticides used in potato cultivation in Prince Edward Island, Canada. *Pest Management Science, 62*(2), 126–136. DOI: 10.1002/ps.1130
24. Yadav, I.C., Devi, N.L., Syed, J.H., Cheng, Z., Li, J., Zhang, G., & Jones, K.C., (2015). Current status of

persistent organic pesticides residues in air, water, and soil, and their possible effect on neighboring countries: A comprehensive review of India. *Science of the Total Environment*, *511*, 123–137. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2014.12.041